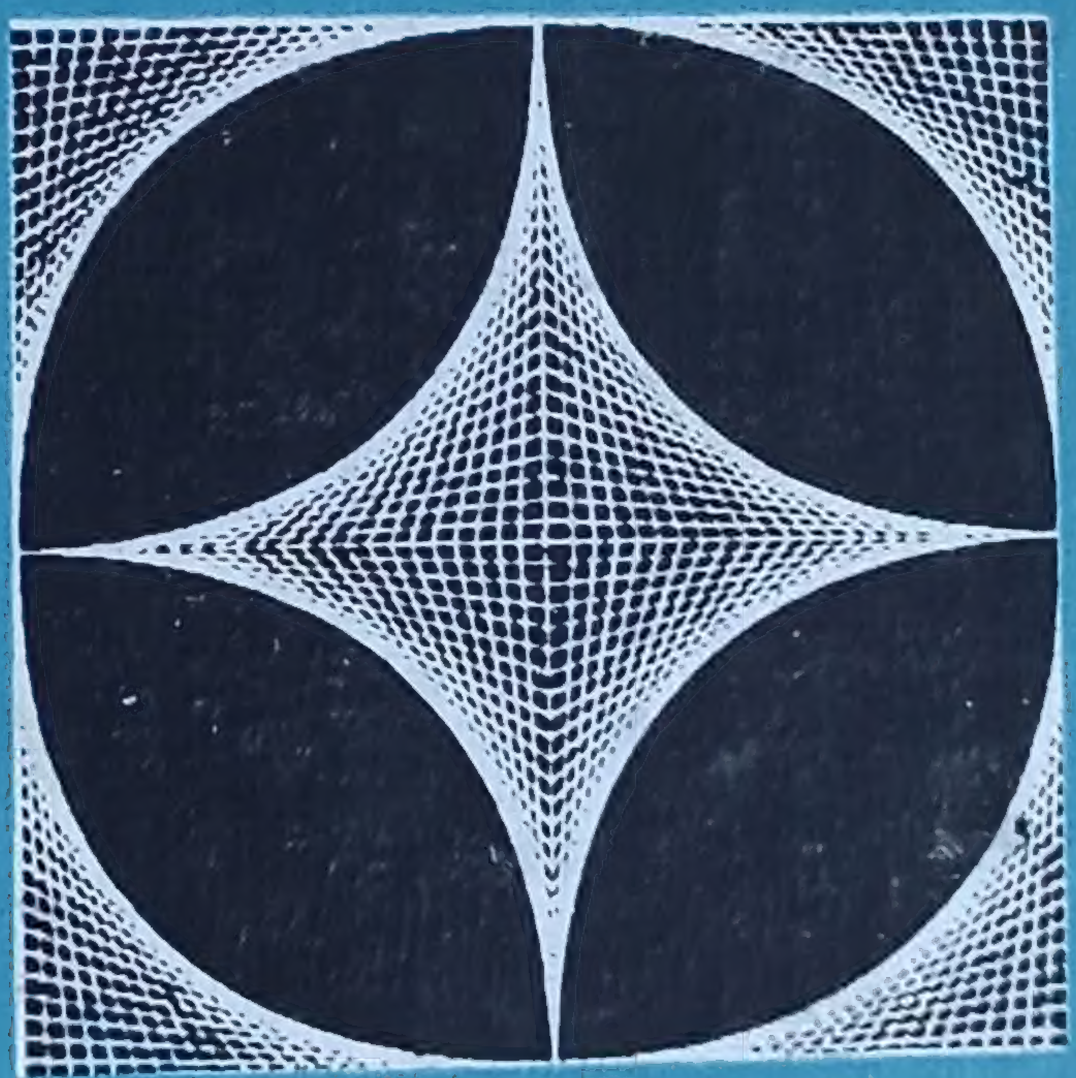
Tehnologie electronică



EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ – BUCUREŞTI, 1984

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Prof. dr. ing. VASILE M. CĂTUNEANU
Șef lucrări dr. ing. PAUL I. SVASTA
(coordonatori)

ș.l. ing. OVIDIU DRAGOMIRESCU
ș.l. ing. MARIETA DRAGOMIRESCU
ș.l. dr. ing. DANA GAVRILESCU
as. ing. DOINA MORARU
ș.l. ing. MIHAI NEMEȘ
ș.l. dr.ing. PAUL ȘCHIOPU
as. ing. SIMONA VASILESCU
as. ing. VIRGIL GOLUMBEANU
ș.l. dr. ing. VLAD CEHAN
ș.l. dr. ing. IOAN BACIVAROF
as. ing. MIHAELA MIHUȚ
as. ing. DUMITRU ARMULESCU

Tehnologie electronică

Ediția a doua

PREFAȚĂ

Preocuparea principală a tehnologiei este creșterea cu cheltuieli minime a calității produselor și fiabilității aparatelor și instalațiilor. Pentru obținerea de tehnologii de înaltă productivitate este neapărat necesară abordarea tehnologică a produselor încă din faza de concepție. Aceasta înseamnă nu numai depășirea greutăților legate de realizarea tehnică în sine și găsirea procedeelor optime de fabricație, ci și crearea bazei unei automatizări a proceselor.

Industria electronică, ramură industrială de vîrf, are o serie de particularități care implică pentru producător înțelegerea profundă a unor proprietăți ale materialelor și componentelor, a comportării acestora în funcționare, în timp și în condiții concrete de lucru. Tot mai mult se face necesară, în procesul de producție, mîna de lucru cu calificare superioară.

Inginerului electronist nu i se cere numai concepție și muncă de organizare, ci i se cere totodată să știe să efectueze operații tehnologice în procesul de producție pe baza unei înțelegeri perfecte a unor fenomene și procese de o subtilitate deosebită. Pentru ca studentul să poată ajunge la o asemenea performanță, trebuie să se pregătească simultan atît ca inginer, cît și ca matematician, fizician, chimist. Pregătirea succesivă în diferitele domenii n-a dat satisfacție. De aceea, în ultimul deceniu s-a trecut la sistemul de pregătire integrată a studentului în toate aceste domenii. Rezultatele obținute sînt net superioare, mai ales în contextul integrării învățămîntului superior cu cercetarea științifică și producția.

Disciplinei „Tehnologie electronică", prin poziția sa în planul de învățămînt, îi revine sarcina plină de răspundere de a orienta gîndirea studentului, încă din primii ani de studii, în sens interdisciplinar, asupra unor probleme fundamentale ale electronicii, îmbinînd armonios aspectele teoretice cu cele practice. Studentul este pus în situația de a se introduce în problematica viitoarei meserii încă de la începutul facultății, aprofundînd, în paralel, întreaga pregătire fundamentală și tehnică generală. Această strategie a învățămîntului este aplicată de multă vreme cu succes în domenii clasice de pregătire superioară, ca de exemplu în domeniul mecanicii, chimiei, metalurgiei, medicinei etc.

Industria electronică fiind de dată mai recentă, pregătirea specialiștilor electroniști a fost proiectată ca specializare derivînd din profilul electric, a cărei pregătire fundamentală și tehnică generală se statuase în sensul cerințelor industriei electrotehnice. Întreaga fenomenologie cu care se întîlnește în viața profesională inginerul electronist are însă un grad de generalitate care subordonează fenomenele particulare întîlnite de inginerul electrotehnician.

Disciplina „Tehnologie electronică" a fost construită astfel încît să ajute studentul ca, pornind de la analiza cazurilor particulare să abordeze fenomenolo-

gia în toată generalitatea sa, contribuind astfel la creşterea eficienţei pregătirii studenţilor la disciplinele următoare, în condiţiile păstrării aceleiaşi durate de studii. Desigur că această strategie este încurajată de nivelul ridicat al pregătirii absolvenţilor de liceu în domeniul matematicii, fizicii şi chimiei, care oferă o bună bază de plecare pentru o iniţiere eficace în domeniul tehnologiei electronice.

În lume se conturează tot mai mult tendinţa de extindere a unui asemenea punct de vedere la pregătirea fundamentală şi de cultură tehnică generală a tuturor inginerilor electricieni.

Pe de altă parte, studiul tehnologiei electronice în primii ani ai facultăţii se face cu atît mai necesar cu cît această disciplină ajută pe studenţi în abordarea conştientă a activităţilor productive pe care aceştia le desfăşoară în concordanţă cu concepţia de integrare a învăţămîntului superior cu producţia şi cu cercetarea ştiinţifică.

Colectivul de autori s-a străduit să traducă în fapt indicaţia conducerii superioare de partid şi de stat cu privire la îmbunătăţirea pregătirii tehnologice a inginerilor electronişti.

Lucrarea de faţă începe cu prezentarea concepţiilor actuale în ingineria electronică.

Următoarele trei capitole prezintă componentele pasive de circuit (rezistorul, condensatorul şi bobina). Se insistă asupra caracteristicilor şi se prezintă comparativ tehnologiile de fabricare şi comportarea în circuit a componentelor descrise. Este prezentată, de asemenea, ponderea, din punctul de vedere al fiabilităţii, a fiecărui tip de componentă ce alcătuieşte un ansamblu electronic.

Capitolul 5 tratează circuitele simple cu componente pasive (circuitele oscilante serie şi derivaţie, circuitele oscilante cuplate şi prezintă principalele aplicaţii practice ale acestora.

În capitolul 6 sînt explicate proprietăţile electrice fundamentale ale materialelor semiconductoare, cu prezentări ale principiilor de funcţionare ale diodei semiconductoare cu joncţiuni şi tranzistorului, în vederea fundamentării tehnologiilor microelectronice şi înţelegerii comportării în circuit a dispozitivelor electronice.

Ultimul capitol înfăţişează tehnologiile subansamblurilor şi oferă studenţilor o bază teoretică pentru înţelegerea proceselor întîlnite în timpul lucrărilor de laborator şi al practicii din întreprinderile productive.

Lucrarea reprezintă un manual unic, care se adresează studenţilor din anii I şi II ai facultăţilor şi secţiilor de Electronică şi Telecomunicaţii din institutele de învăţămînt superior din ţară.

Autorii sînt recunoscători profesorului dr. docent Vasile Corlăţeanu pentru observaţiile şi propunerile făcute cu ocazia recenzării atente a manuscrisului.

Tuturor celor care prin observaţii şi propuneri contribuie la îmbunătăţirea prezentei lucrări în vederea unei viitoare ediţii le mulţumim anticipat.

Se cuvine să adresăm mulţumirile noastre Editurii Didactice şi Pedagogice, care a sprijinit colectivul de autori în vederea elaborării prezentei lucrări.

Trebuie remarcat aportul redactorului lucrării, ing. M. Ursea, care a depus un efort deosebit pentru ca lucrarea să apară în condiţii corespunzătoare.

Prof. dr. ing. V. CĂTUNEANU

CUPRINS

Cap. 1. *Concepții actuale în ingineria electronică* 9
1.1. Concepția constructivă fundamentală a aparaturii electronice 9
1.2. Probleme tehnice ale ingineriei electronice 11
1.2.1. Studiul tehnico-economic. Studiul de marketing. Tema de proiectare .. 11
1.2.2. Proiectarea electrică 12
1.2.3. Proiectarea constructivă și tehnologică a blocurilor (subansamblurilor) și ansamblurilor generale 18
1.2.4. Pregătirea fabricației 22
1.2.5. Producția 22
1.2.6. Exploatarea și întreținerea produselor electronice 23
1.3. Concepția actuală despre calitate 23

Cap. 2. *Rezistoare* 30
2.1. Definiție. Clasificare 30
2.2. Principii fundamentale în construcția și tehnologia rezistoarelor fixe 31
2.2.1. Structura constructivă a rezistoarelor fixe 31
2.2.2. Tehnologia rezistoarelor bobinate 35
2.2.3. Tehnologia rezistoarelor peliculare 38
2.2.4. Tehnologia rezistoarelor de volum 43
2.2.5. Tehnologii de microminiaturizare a rezistoarelor 45
2.3. Principii fundamentale în construcția și tehnologia rezistoarelor variabile (potențiometre) 48
2.3.1. Tipuri de potențiometre 48
2.3.2. Structura constructivă a rezistoarelor variabile 52
2.4. Caracteristicile rezistoarelor fixe 54
2.5. Alegerea tipului de rezistor 60
2.6. Solicitarea electrică a rezistoarelor 61
2.7. Caracteristicile rezistoarelor variabile (potențiometre) 62
2.8. Tendințe în construcția și tehnologia rezistoarelor 63
2.9. Comportarea rezistorului în circuite de curent alternativ 64
2.9.1. Elemente de circuit idealizate 64
2.9.2. Circuite simple *RL* și *RC* 69
2.9.3. Rezistorul tehnic real 83
2.10. Fiabilitatea rezistoarelor 84

Cap. 3. *Condensatoare* 88
3.1. Generalități 88

3.2. Materialele utilizate în fabricarea condensatoarelor 91
3.2.1. Armăturile 91
3.2.2. Dielectricul 91
3.3. Condensatoare fixe 95
3.3.1. Tehnologia condensatoarelor fixe 95
3.3.2. Caracteristicile consendatoarelor fixe 99
3.3.3. Alegerea tipului de condensator 111
3.4. Condensatoare variabile 112
3.4.1. Tehnologia condensatoarelor variabile 112
3.4.2. Caracteristicile condensatoarelor variabile 113
3.5. Condensatoare reglabile 116
3.5.1. Condensatoare reglabile cu aer 116
3.5.2. Condensatoare reglabile cu dielectric anorganic 116
3.5.3. Condensatoare reglabile cu dielectric organic 117
3.6. Condensatoare speciale 118
3.7. Comportarea condensatorului în circuit 118
3.7.1. Încărcarea condensatorului sub tensiune continuă constantă 118
3.7.2. Încărcarea condensatorului sub curent constant 121
3.7.3. Descărcarea condensatorului 121
3.7.4. Încărcarea și descărcarea periodică a unui condensator 122
3.7.5. Comportarea condensatorului tehnic real în circuite de curent alternativ 124
3.8. Solicitarea condensatoarelor în tensiune și curent 126
3.9. Fiabilitatea condensatoarelor 128
3.9.1. Fiabilitatea condensatoarelor fixe 128
3.9.2. Fiabilitatea condensatoarelor variabile 129
3.9.3. Zgomotul condensatoarelor 129

Cap. 4. *Bcbine* 131
4.1. Construcția și tehnologia bobinelor 131
4.1.1. Materiale conductoare pentru bobinaj 131
4.1.2. Carcase pentru bobine 133
4.1.3. Tipuri de bobinaje 135
4.1.4. Miezuri magnetice 142
4.2. Comportarea bobinei în circuit 153
4.2.1. Stabilirea curentului printr-o bobină sub tensiune constantă 153
4.2.2. Cedarea energiei din cîmpul magnetic al bobinei 154
4.2.3. Comportarea bobinei tehnice reale în circuite de curent alternativ 156
4.3. Solicitarea bobinei reale în tensiune și curent în funcție de frecvență 161
4.4. Zgomotul bobinelor 162
4.5. Fiabilitatea bobinelor 163
4.6. Oscilații proprii ale circuitului *LC* 164

Cap. 5. *Circuite electrice simple care utilizează componente pasive* 170
5.1. Generalități 170
5.2. Circuitul oscilant serie 170
5.2.1. Descriere. Impedanța circuitului serie 170
5.2.2. Rezonanța circuitului serie. Comportarea în domeniul frecvență; diagrama de fazori 173
5.2.3. Caracteristicile de frecvență normale ale circuitului serie. Banda de trecere la 3 dB 173
5.3. Circuitul oscilant derivație 178
5.3.1. Descriere. Admitanța circuitului derivație 178

5.3.2. Rezonanța circuitului derivație, Comportarea în domeniul frecvență; diagrama de fazori 180
5.3.3. Caracteristicile de frecvență normale ale circuitului derivație. Banda de trecere la 3 dB 181
5.4. Circuite cuplate 184
5.4.1. Generalități 184
5.4.2. Cuadripoli de cuplaj 187
5.4.3. Circuitul echivalent, raportat la primar sau la secundar, al unui ansamblu de circuite cuplate. Impedanțe reflectate 189
5.4.4. Fenomene de rezonanță la circuitele cuplate 191
5.4.5. Curbele de rezonanță normate pentru un ansamblu format din două circuite simple, *LC*, cuplate 195
5.4.6. Banda de trecere a circuitelor cuplate 197
5.5. Aspecte constructive în realizarea montajelor cu circuite acordate *LC* 198
5.5.1. Alegerea condensatoarelor 199
5.5.2. Alegerea miezului bobinei și a soluției constructive 199
5.5.3. Alegerea configurației traseelor de cablaj imprimat și amplasarea optimă a componentelor 201
5.6. Circuite selective bazate pe dispozitive funcționale 202
5.6.1. Dispozitive cu undă elastică de volum 204
5.6.2. Dispozitive cu undă elastică de suprafață 208
5.6.3. Utilizarea dispozitivelor funcționale 209

Cap. 6. *Dispozitive semiconductoare* 211
6.1. Conducția electrică în corpurile solide 211
6.1.1. Metale 211
6.1.2. Dielectrici 213
6.1.3. Semiconductoare 214
6.1.4. Modelul cuantic al conducției electrice într-un corp solid 218
6.2. Concentrațiile de purtători în semiconductoare 220
6.2.1. Concentrațiile de purtători cînd semiconductorul se află în echilibru termodinamic cu mediul 220
6.2.2. Concentrațiile de purtători cînd echilibrul termodinamic al semiconductorului cu mediul este perturbat 224
6.3. Fenomene de transport. Curentul electric 226
6.3.1. Efectul de drift 226
6.3.2. Fenomenul de difuzie 229
6.3.3. Comportarea unui semiconductor supus unei injecții optice 230
6.4. Joncțiunea *pn*. Dioda semiconductoare cu joncțiuni 238
6.4.1. Joncțiunea *pn* la echilibru 239
6.4.2. Polarizarea joncțiunii *pn* 242
6.4.3. Dioda semiconductoare cu joncțiune *pn* 245
6.5. Tranzistoare bipolare 252
6.5.1. Analiza funcționării tranzistorului bipolar 252
6.5.2. Funcționarea tranzistorului în regiunea activă normală 257
6.5.3. Funcționarea tranzistorului în regiunea activă inversă, în regiunea de blocare și în regiunea de saturație 263
6.6. Regimul termic al dispozitivelor active 263
6.6.1. Degajarea căldurii către mediul ambiant 264
6.6.2. Regimul termic al semiconductorului 268

Cap. 7. *Tehnologia subansamblurilor* 276
7.1. Generalități 276
7.2. Tehnologia cablajelor imprimate 279
7.2.1. Materiale de bază și semifabricate pentru cablaje imprimate 281

7.2.2. Tehnologii substractive 284
7.2.3. Tehnologii aditive 288
7.2.4. Tehnologii de sinteză 290
7.2.5. Execuţia originalelor desenelor cablajelor imprimate 291
7.2.6. Tehnologii de imprimare a imaginii cablajelor imprimate 296
7.3. Tehnologia echipării cablajelor imprimate 300
7.3.1. Echiparea manuală 302
7.3.2. Echiparea mecanizată 308
7.3.3. Procedee de contactare pentru componentele implantabile 309
7.3.4. Fiabilitatea procedeelor 314
7.4. Tehnologia circuitelor hibride cu straturi groase 315
7.4.1. Tehnologii microelectronice 315
7.4.2. Tehnologia circuitelor hibride cu straturi groase 317
7.4.3. Proiectarea circuitelor hibride cu straturi groase 318
7.4.4. Rezistoare pentru circuite hibride cu straturi groase 320
7.4.5. Conductoare în tehnologia straturilor groase 326

ANEXA I. Proiectarea transformatorului de reţea de mică putere 328
ANEXA II. Dimensionarea rezistoarelor cu straturi groase 336

BIBLIOGRAFIE 339

1

CONCEPŢII ACTUALE ÎN INGINERIA ELECTRONICĂ

1.1. CONCEPŢIA CONSTRUCTIVĂ FUNDAMENTALĂ A APARATURII ELECTRONICE

În actuala etapă de dezvoltare a ştiinţei şi tehnicii asistăm la un avînt deosebit al electronicii, la pătrunderea ei, din ce în ce mai pregnant, practic în orice domeniu de activitate al societăţii umane. Prin posibilităţile pe care le oferă: miniaturizare, viteză de calcul, memorare, amplificare etc. poate răspunde oricărei solicitări. Cum diversitatea acestora poate fi extrem de mare, satisfacerea cerinţelor impuse se poate asigura prin sintetizarea lor, prin crearea unor funcţii specifice, plecînd de la componente care printr-o interconectare corespunzătoare să genereze funcţiile respective.

Astfel, în cazul comunicaţiei prin radio transmisia informaţiei între două puncte făcîndu-se prin unde electromagnetice şi nu prin fire, s-au creat funcţii adecvate de tipul: generarea oscilaţiilor electrice periodice şi întreţinute de înaltă frecvenţă; modularea oscilaţiilor de înaltă frecvenţă cu semnalul de informaţie pentru realizarea semnalelor radio purtătoare de informaţie; amplificarea semnalelor modulate; transformarea, la emisie, a semnalelor electrice modulate în unde electromagnetice purtătoare de informaţie; transformarea, la recepţie, a acestor unde electromagnetice în semnale electrice modulate; amplificarea şi selecţionarea semnalelor dorite din multitudinea semnalelor existente simultan în spectrul de frecvenţă radio; demodularea semnalelor de înaltă frecvenţă şi extragerea semnalului de informaţie; amplificarea semnalului de informaţie etc.

Pentru fiecare funcţie a fost necesară realizarea unui bloc. În figura 1.1 se prezintă schema bloc simplificată a unei comunicaţii radio.

Din punct de vedere constructiv, fiecare bloc trebuie să dispună de componente interconectate în circuite care să fie capabile să realizeze funcţia cerută. În acest scop au fost necesare, pe lîngă condensatoare şi bobine, alte componente ca: surse, rezistoare, tuburi electronice, dispozitive semiconductoare şi relee.

Din cele de mai sus rezultă că, încă de la început, s-a impus concepţia de construcţie a aparaturii electronice pe baza utilizării componentelor discrete, interconectate în circuite şi blocuri (subansambluri), care să îndepli-

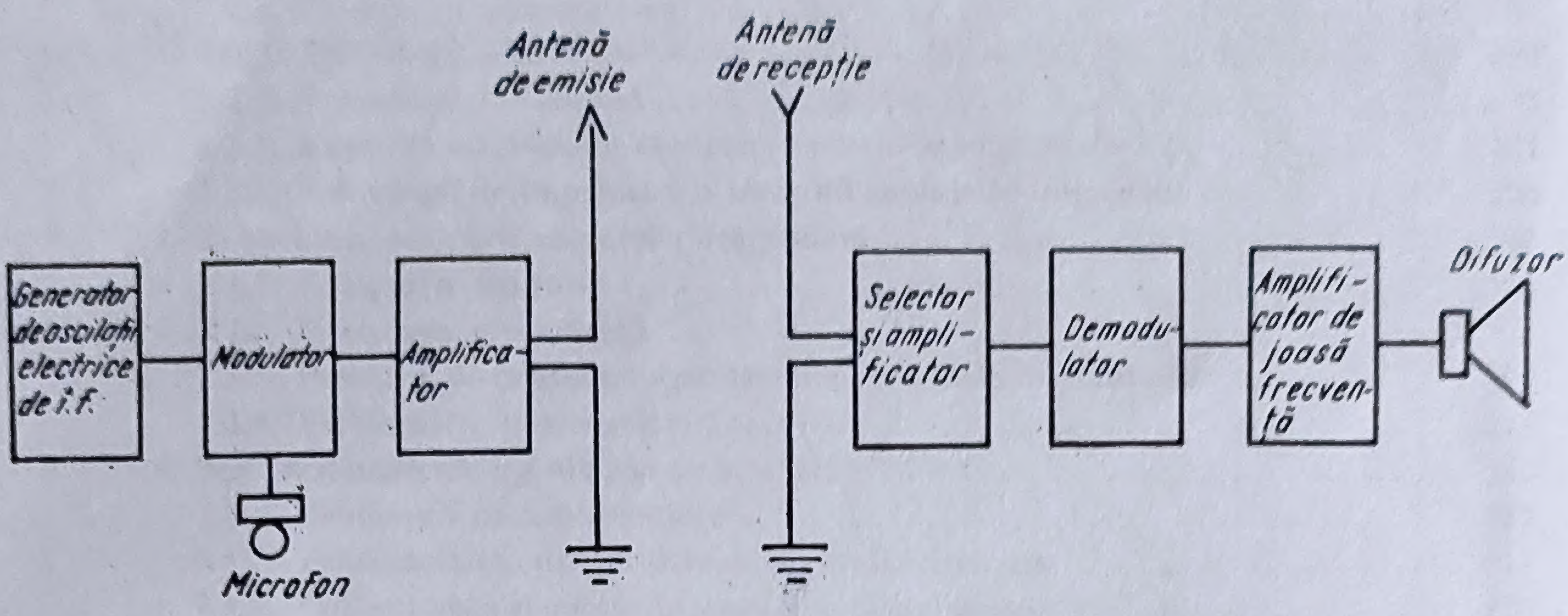


Fig. 1.1. Schema bloc simplificată a unei comunicații radio.

nească anumite funcții prescrise. Această concepție constructivă se menține și în prezent.

În decursul timpului, unele funcții au putut fi realizate direct, cu ajutorul unor **dispozitive speciale (funcționale)**, fără a face uz de tehnica componentelor discrete. Astfel, *rezonatorul cu cuarț* poate juca un rol de circuit oscilant rezonant fără a dispune de condensator și bobină, datorită mecanismului fizic intern care conferă cristalului de cuarț *proprietăți piezoelectrice* și *de rezonanță mecanică*. Performanțele acestui rezonator sînt superioare circuitului echivalent, care s-ar realiza cu componente discrete. Pot fi date și alte exemple de dispozitive funcționale realizate pînă în prezent ca: *linia de întîrziere ultrasonică, amplificatorul cu undă elastică, memorii de tip magnetic sau semiconductor* etc. Tehnica dispozitivelor funcționale încearcă să înlocuiască concepția constructivă prin componente discrete, recurgînd la proprietățile fundamentale ale materiei în vederea îndeplinirii funcțiilor cerute în sisteme electronice (v. § 5.6).

Cu toate acestea, concepția fundamentală de construcție a aparaturii și sistemelor electronice pe baza utilizării componentelor discrete își păstrează actualitatea și probabil se va mai menține încă multă vreme datorită progreselor tehnologice care s-au obținut și se obțin permanent în cadrul acestei concepții constructive.

Prima etapă din fabricarea aparaturii electronice a fost dominată de *tehnologia circuitelor cu tuburi electronice.*

Dezvoltarea *tehnologiei tranzistoarelor* a marcat un progres însemnat în construcția aparaturii electronice din punctul de vedere al micșorării dimensiunii și greutății, al creșterii fiabilității (siguranței în funcționare) și robusteții, al reducerii tensiunilor de alimentare.

Dezvoltarea, mai departe, a *tehnologiilor microelectronice* (*tehnica circuitelor integrate monolitice, tehnica straturilor subțiri și groase*) a condus la concentrarea într-un volum redus a unui număr foarte mare de componente electronice discrete. Astfel, un circuit integrat conținînd echivalentul a 100 pînă la 200 componente discrete poate fi pus într-o capsulă de dimensiunea celei care conține un singur tranzistor. La avantajul dimensiunilor reduse ale circuitelor integrate, se mai adaugă cel al costului și al fiabilității.

1.2. PROBLEME TEHNICE ALE INGINERIEI ELECTRONICE

1.2.1. STUDIUL TEHNICO-ECONOMIC. STUDIUL DE MARKETING. TEMA DE PROIECTARE

• **Studiul tehnico-economic** (**STE**-ul) reprezintă un act de concepţie cu implicaţii hotărîtoare în stabilirea parametrilor tehnici sau economici ai viitorului produs electronic ce urmează a fi proiectat. La nivelul STE-ului se abordează o serie de probleme importante, ca:

— stabilirea unei soluţii de principiu pentru funcţionarea produsului nou;

— precizarea unor materiale sau tehnologii utilizate la fabricaţia viitorului produs;

— eventualele dezvoltări ale unor capacităţi de producţie:

— necesităţi interne, posibilităţi de export;

— programarea asimilării noului produs etc.

Prin prisma acestor aspecte STE-ul reprezintă una dintre cele mai importante lucrări din succesiunea de activităţi necesare asimilării unui produs nou.

• De o deosebită importanţă sînt aspectele de **marketing** ce trebuie avute în vedere la elaborarea STE-ului.

Aceste considerente intervin fie prin *precizarea unor condiţii specifice:* gradul de saturaţie al pieţei, segmentarea pieţei, corelarea unor funcţii ale produsului cu necesităţile utilizatorului etc., fie prin *impunerea unor criterii de selecţie a variantelor*, care să ţină seama de restricţiile impuse de abordarea unei anumite strategii de marketing.

• **Tema de proiectare** reprezintă un act de decizie care concretizează, în baza datelor oferite de studiul tehnico-economic, varianta care corespunde în cea mai mare măsură strategiei şi politicii economice a întreprinderii, prin luarea în considerare a unor factori tehnici, economici şi sociali. Prin intermediul temei de proiectare, *varianta rezultată din STE este „comandată" proiectării.*

În consecinţă, tema de proiectare trebuie să conţină toate datele în măsură să exprime *concret*, *exact* şi *complet* comanda.

Tema de proiectare urmează să prezinte succesiv parametrii tehnico-economici pe care trebuie să-i aibă în vedere proiectantul la elaborarea documentaţiei tehnice pentru fabricarea noului produs. Tema de proiectare va preciza în principal următoarele date:

— destinaţia şi condiţiile de exploatare ale produsului;

— caracteristicile de bază;

— cerinţele principale constructive şi funcţionale;

— parametrii garantaţi;

— standardele sau normele interne;

— indicatorii tehnico-economici şi de exploatare;

— cantităţile de fabricat.

1.2.2. PROIECTAREA ELECTRICĂ

Inginerului proiectant de circuite i se indică comportarea funcțională a unui circuit sau bloc (subansamblu) și i se cere să proiecteze interconexiunile elementelor componente astfel încît subansamblul și, respectiv, ansamblul complet să aibă caracteristicile prescrise.

Îndeplinirea acestei cerințe nu este ușoară. Pentru aceasta inginerul are nevoie de experiență, pricepere și intuiție. El trebuie să cunoască perfect *proprietățile de circuit ale componentelor electronice* disponibile și să aibă capacitatea de a putea *prevedea comportarea circuitelor* formate prin interconectarea acestor componente.

Cunoașterea proprietăților de circuit ale componentelor electronice permite stabilirea unui model al comportării componentei, care, de obicei, se exprimă sub forma unor circuite echivalente constituite din elemente idealizate și abstractizate (v. §1.2.2.2).

Anticiparea comportării circuitelor formate prin interconectarea componentelor electronice are la bază descrierea matematică a interconexiunilor circuitelor echivalente componentelor fizice, ceea ce face obiectul *teoriei circuitelor (rețelelor)*.

1.2.2.1. CARACTERISTICILE GENERALE ALE COMPONENTELOR ELECTRONICE

● **Componente electronice pasive.**

Rezistoarele, condensatoarele și *bobinele* sînt componente pasive de tip dipol (comportînd două borne) care formează un circuit uniport.

Transformatoarele sînt componente pasive cu mai multe borne (circuite *n*-port).

Componentele pasive, prin interconectarea lor, pot realiza funcții specifice prelucrării semnalelor (filtrare, integrare, derivare etc.), fără a putea însă să realizeze amplificarea acestora. Mai mult, datorită structurii lor, componentele pasive determină diminuarea puterii electrice active din circuit, energia electrică schimbîndu-se parțial în energie calorică (efectul Joule).

Transformarea energiei electrice în căldură, la componentele pasive, este direct proporțională cu ponderea părții rezistive a componentei, fiind deci foarte mare la rezistoare și mult diminuată la condensatoare și bobine (rezistența echivalentă de pierderi).

● **Componente electronice active.** Sînt numeroase aplicațiile în care nivelul semnalului electric dintr-un circuit electronic este insuficient pentru a putea fi utilizat (înregistrare, afișare, comandă etc.). Aceasta — ori datorită nivelului redus al semnalului de la ieșirea unui traductor ce transformă o mărime neelectrică (presiune, temperatură, viteză etc.) într-o mărime electrică, ori din cauza atenuării semnalului electric din circuit ca urmare a pierderilor în componentele pasive și în conductoarele de legătură.

De exemplu, la transmisia vorbirii prin conductoare sau cabluri, din cauza pierderilor pe liniile de transmisiuni, unda care poartă informația se atenuează treptat, proporțional cu distanța parcursă în timpul propagării. Ca urmare, sînt necesare la intervale regulate repetoare sau amplificatoare pentru amplificarea semnalelor. Ele sînt alimentate de la surse locale de energie. Semnalul de la intrare comandă fluxul de energie de la sursa de energie locală, amplificatorul livrînd la ieșire un semnal caracterizat prin nivel de tensiune sau nivel de putere mai mare (fig. 1.2).

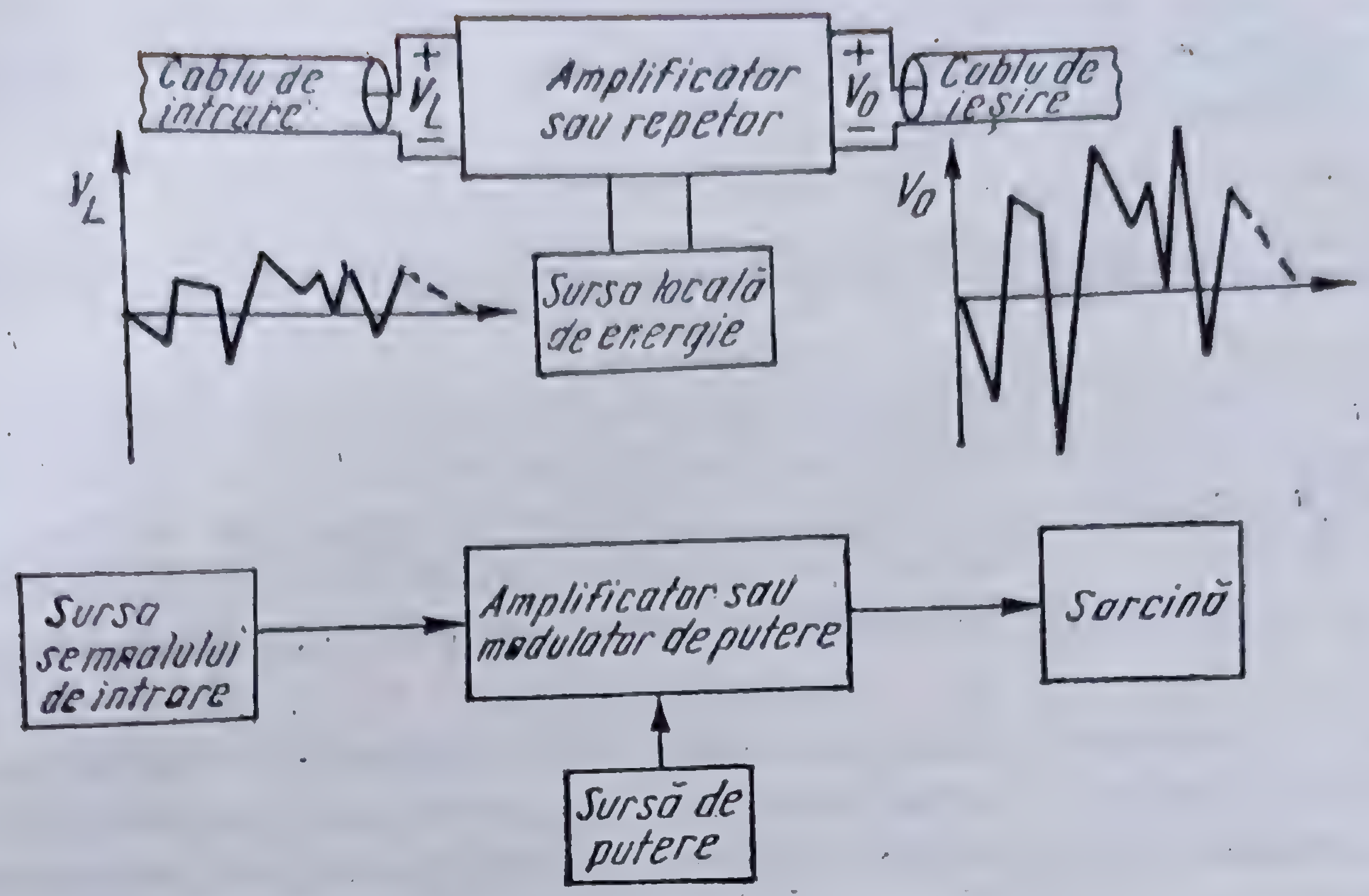


Fig. 1.2. Schemă bloc de amplificare.

În cazul recepției semnalelor radio și de televiziune, semnalul la bornele de antenă ale receptorului este de ordinul nanowaților (10^{-9} W). Acest semnal trebuie amplificat, pentru ca receptorul să poată acționa traductorul de la ieșire (difuzor sau bobine de deflexie ale tubului cinescop), la nivele de putere de ordinul waților.

Se pot da multe alte exemple de amplificare a tensiunii sau a puterii electrice în sistemele electronice.

Componentele care pot face ca circuitul care le conține să fie capabil de amplificare sînt cunoscute sub denumirea de componente (dispozitive) active.

Tranzistoarele și tuburile electronice sînt exemplele cele mai obișnuite de componente active electronice, care pot comanda fluxul de energie dintr-un circuit.

Un exemplu de componentă activă, foarte simplă, neelectronică, este releul electric (fig. 1.3). La acesta forțele magnetice produse de curent în bobina de acționare provoacă închiderea sau deschiderea contactelor, care pot comanda o putere mult mai mare decît aceea necesară pentru acționarea bobinei care antrenează contactele. Astfel un releu poate realiza un cîștig de putere. Sînt nenumărate scheme în care în locul releului electric se introduce un tranzistor sau un tiristor, realizîndu-se în acest mod așa-numita *comutație statică* (comutație fără elemente în mișcare).

Este util de precizat faptul că majoritatea dispozitivelor active au trei sau mai multe borne (poli) care se grupează în „porturi", două cîte două.

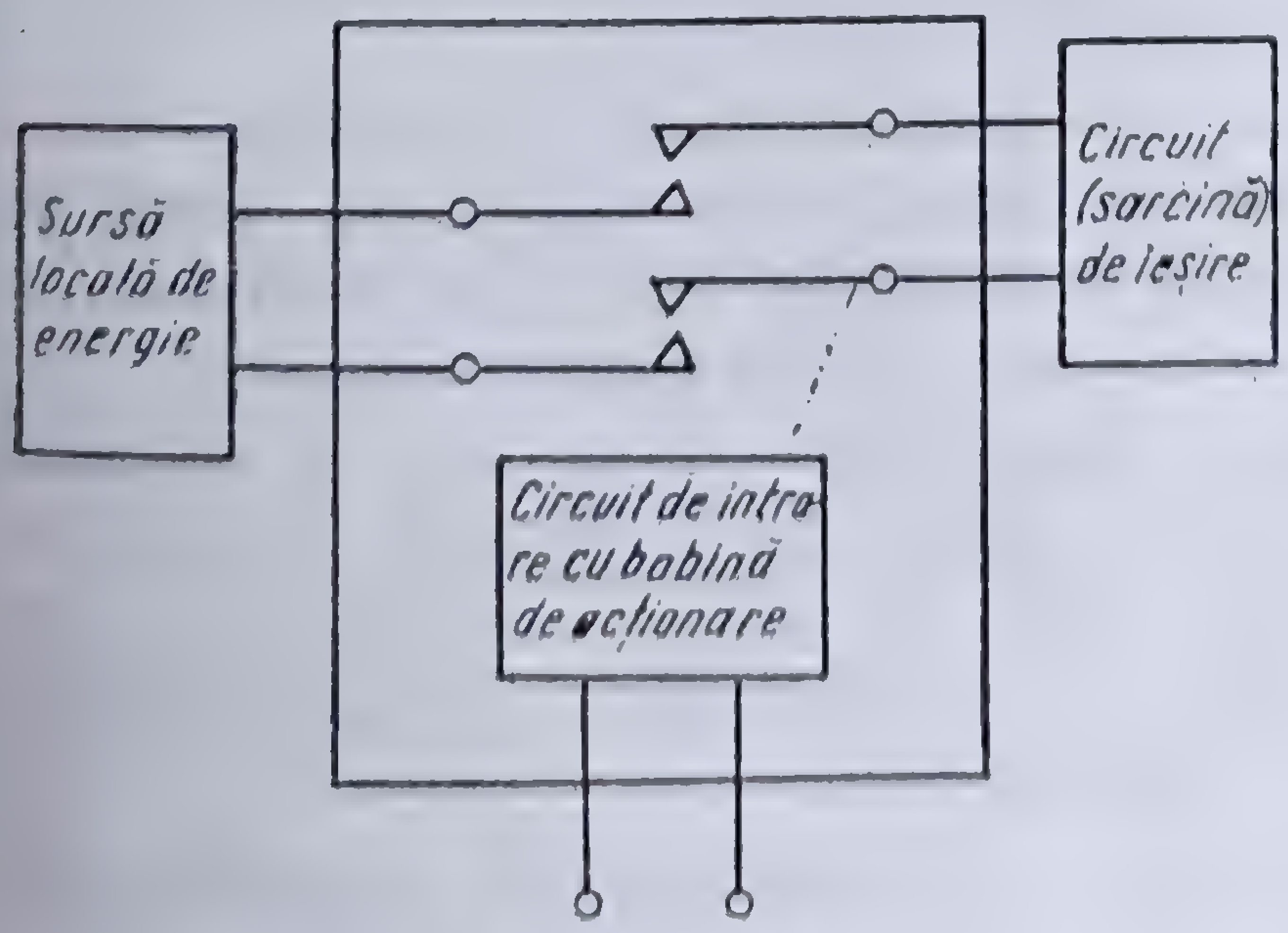


Fig 1.3. Releul electric.

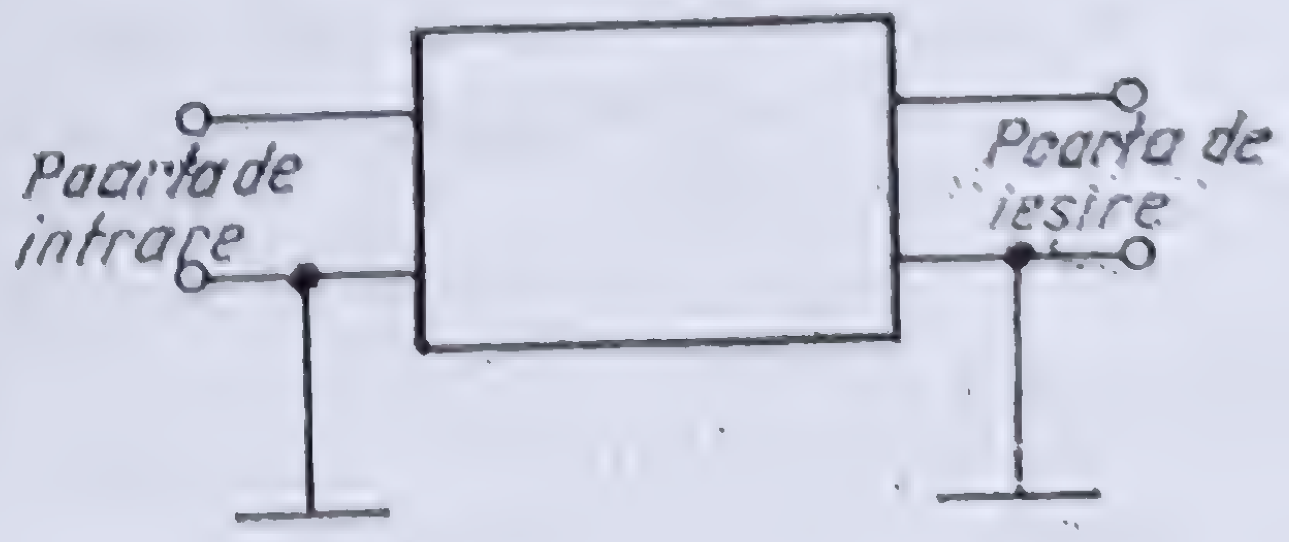


Fig. 1.4. Dispozitivele active — schemă bloc.

Aceste dispozitive sînt astfel construite încît semnalul electric de la portul (poarta) de intrare comandă fluxul de energie din circuitul conectat la portul (poarta) de ieşire (fig. 1.4).

1.2.2.2. MODELAREA COMPORTĂRII COMPONENTELOR ELECTRONICE

Una dintre problemele importante ale tehnologiei electronice este alegerea şi utilizarea raţională a componentelor de circuit. Pentru ca inginerul electronist să poată soluţiona cu succes această problemă, are nevoie de caracterizarea sau descrierea exactă a comportării electrice a componentelor. Orice modelare a comportării electrice a unei componente constituie un *circuit echivalent*.

Găsirea circuitului echivalent al unei componente implică executarea unor *măsurări asupra comportării sale la borne*, iar proprietăţile măsurate folosesc ca model pentru componenta în cauză şi se pot prezenta sub formă de *relaţii funcţionale* stabilite empiric. Trebuie însă remarcat faptul că determinarea comportării la borne a componentelor nu poate furniza informaţii decît despre comportarea acestora în condiţiile concrete în care s-a făcut măsurarea. Nu există posibilităţi de extrapolare a acestor rezultate în legătură cu comportarea componentei în condiţii modificate, ceea ce interesează pe inginer, de cele mai multe ori, în munca sa de cercetare şi proiectare. Există deci necesitatea de refacere a măsurărilor în noile condiţii, pentru a se obţine rezultate semnificative.

De exemplu, în cazul componentei a cărei comportare depinde de temperatura mediului ambiant este necesar să se facă măsurarea la temperatura la care componenta urmează să funcţioneze, sau modelarea comportării unei componente, ce funcţionează într-o gamă de frecvenţă, să se facă prin măsurări asupra componentei în gama respectivă de frecvenţă.

Dacă unele mărimi variabile la bornele componentei depind nu numai de valorile instantanee ale celorlalte variabile, ci şi de viteza de variaţie a acestora, este necesar ca măsurările la borne să se efectueze în *regim dinamic*, adică în condiţii care să corespundă cît mai mult cu cele reale, în care va lucra componenta în cauză.

Există necesitatea ca inginerul să fie capabil să selecţioneze acele măsurări la borne care pot pune în evidenţă parametrii semnificativi ai componentei, cu aplicabilitate într-o gamă mai largă de condiţii de funcţionare. De asemenea, este necesar ca inginerul să fie în stare să-şi formuleze un cadru teoretic care să-i dea posibilitatea să coreleze, să interpreteze şi chiar să extrapoleze rezultatele măsurării.

Aceste cerinţe pot fi îndeplinite dacă inginerul reuşeşte să înţeleagă suficient de clar *comportarea fizică internă a componentei respective*, ceea ce depinde, în foarte mare măsură, de cunoaşterea aprofundată a modului în care aceasta a fost construită, precum şi a *mecanismelor fizice interne*.

De aceea modelarea comportării unei componente începe cu o *analiză teoretică a comportării fizice şi cu interpretarea măsurărilor*. Pe baza unei astfel de analize, inginerul poate să descrie fenomenele electrice printr-un grup de relaţii funcţionale, ale cărui variabile sînt de regulă *tensiunile* şi *curenţii la borne*, inclusiv *vitezele de variaţie ale valorilor* lor.

Devine astfel posibilă analiza comportării circuitului în care este folosită componenta respectivă, cu ajutorul metodelor numerice sau grafice.

[illegible] analizei comportării [illegible] utilizarea unei game largi de metode analitice. Aceasta impune adoptarea pentru componente a unor circuite echivalente pentru care relaţiile funcţionale reflectă [illegible] interpretarea corespunzătoare a unor elemente de circuit idealizate. Aceste elemente de circuit reprezintă abstracţii definite matematic care exprimă relaţii simple între tensiuni şi curenţi sau între vitezele de variaţie a acestora şi care sînt larg folosite în calculul şi proiectarea circuitelor. La [illegible] se va folosi un număr mai mare sau mai mic de elemente de circuit idealizate, după complexitatea componentei [illegible] comportării acesteia

[illegible]

[illegible] o varietate foarte [illegible] comportă şi alte elemente [illegible] Prezenţa unor elemente [illegible]

Fig. 1. [illegible]